

滇东黔西晚二叠世含煤沉积中火山灰蚀 变形成的伊利石粘土岩夹矸

周义平

(昆明煤炭科学研究所)

K. Burger

(西德鲁尔煤炭公司)

汤大忠

(昆明煤炭科学研究所)

提要 本文对广泛分布于滇东-黔西晚二叠世含煤沉积中粘土岩夹矸的岩石学、矿物学、化学组成和微量元素进行了研究。发现粘土岩夹矸的变种伊利石粘土岩夹矸 (Illite-tonstein) 在沉积盆地空间上成片分布, 且与晚期成岩作用有明显的成因联系。粘土岩夹矸中粘土矿物构成与煤阶大体对应的关系, 揭示了同沉积火山凝灰蚀变产物的后期变化趋势和规律。

主题词 粘土岩夹矸 火山凝灰 伊利石 高岭石 晚二叠世 中国西南

第一作者简介 周义平 男 50岁 高级工程师 煤田地质

正确地建立地层格架和正常层序是认识沉积盆地演化和沉积矿产分布规律的基础地质工作。宏观标志明显、彼此易于区别、侧向分布稳定的基准层组合的确立, 在煤田地质和勘探中尤其具有重要意义。1961年, 首次在中国云南东部的上二叠统宣威组煤层中发现了十余层高岭石粘土岩夹矸 (kaolinite-tonstein), 此后的廿年间, 对此种有重要对比价值的夹层进行了多方面的研究和广泛应用, 解决了大量地层问题。1981年, 又成功地从此类夹矸中分离出并鉴定了组合比较单一的高温矿物 (主要有 β 石英、锆石、独居石等), 用扫描电镜研究了这些矿物的形态学特征, 与国外同类岩石比较后确认其为同沉积酸性火山灰蚀变产物。粘土岩夹矸的独特成因方式及其在大范围的重要理论和实用价值, 引起国内的关注, 促进了对其它地区的粘土岩夹矸的发现及应用范围的扩大。近年来, 笔者在上述工作基础上进一步研究了滇东-黔西晚二叠世煤田中粘土岩夹矸的粘土矿物、化学组成、微量元素和副矿物的变化与沉积环境和后期成岩作用的关系, 发现粘土岩夹矸的变种伊利石粘土岩夹矸 (Illite-tonstein) 在沉积盆地空间上成片出现且与晚期成岩作用存在明显的成因联系, 在一定程度上显示了火山灰蚀变产物的后期变化趋势和规律。本文即为该项研究的初步总结。

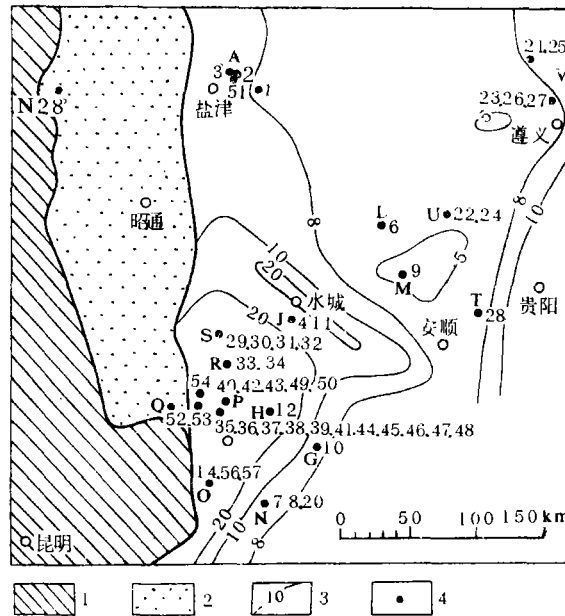
一、煤阶和样品分布*

煤阶的变化受区域上后期地质作用控制。从总体上看, 本区煤阶存在带状分布规律: 北纬 27° 以南的邻近西部蚀区一侧 (大致为水城-六枝-盘县以西地区) 为低煤阶区, 精煤可燃基挥发份 (V^f) 普遍高于20%; 向东北、东南, 煤化程度逐步增高, 达到无烟煤阶段, 局部出现 $V^f < 5\%$ 的超无烟煤分布区; 邻近东经 107° , 煤化程度开始降低 (图1)。

在上述地区内, 共采集样品200余件, 样品取自钻孔岩心和矿井, 全部进行了岩石薄片

* 有关本区含煤沉积的一般情况和粘土岩夹矸的剖面、空间分布等, 请参阅文献 (8、9)。

研究, 部分作了 X-衍射分析、化学组成和微量元素含量测定, 少数样品分离、鉴定了副矿物, 主要采样点分布如图 1 示。



1.古陆剥蚀; 2.粗碎屑沉积区 (不含煤); 3.精煤、挥发份等值线 ($V^r\%daf$); 4.采样点位置及编号

图 1 主要采样点位置和精煤挥发份等值线图

Fig.1 Sample location and isoline of the volatile matter ($V^r\%daf$) of the fine coal

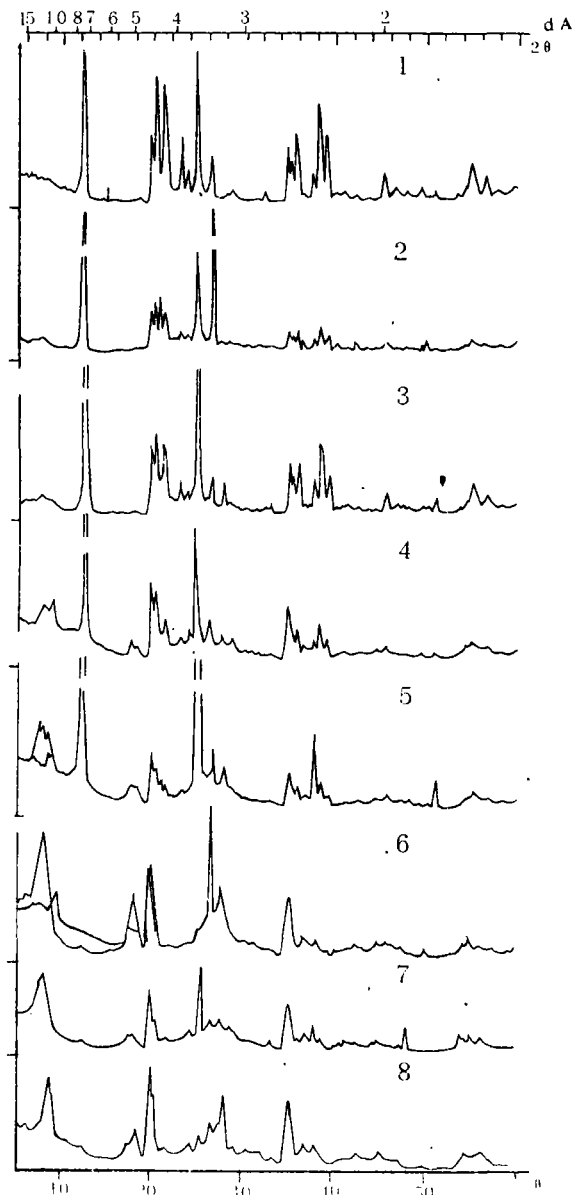
二、伊利石粘土岩夹矸的矿物-岩石学研究

1、X-衍射分析

为查明粘土岩夹矸的主要粘土矿物组成随煤阶变化而演变的趋势, 笔者选择若干矿区同一煤层和不同煤层中的 30 余件粘土岩夹矸样品进行了 X-衍射分析, 并将 7 件比较典型的 X-衍射谱线整理绘制成图 2。

在烟煤分布区的 11、12 号样品的 X 衍射谱线上, 可以清楚看出 $d(001) = 7.15 \text{ \AA}$ 和 $d(002) = 3.75 \text{ \AA}$ 之间存在 5 个峰, 峰形锐而对称; 在 $d = 2.56 - 2.29 \text{ \AA}$ 之间, 有三个峰为一组的两组峰, 谱线分解相当清晰。X 衍射谱线特征表明, 11、12 号样为有序度高、结晶良好的高岭石占绝大多数。当煤阶达到无烟煤阶段 (8、6、7 号样), 伊利石特征峰开始出现并逐渐增强 ($d(001) = 10 \text{ \AA}$ 和 $d(002) = 5.0 \text{ \AA}$), 同时出现蒙脱石-伊利石混层矿物的反射峰。在无烟煤和超无烟煤 ($V^r < 5\%$) 分布区 (9、10 号样), 高岭石衍射峰完全消失, 伊利石特征峰强且对称; 同时出现峰巅位于 10 \AA 附近, 峰形不对称 (向低角底方向倾斜) 的衍射峰, 表明含有较多的不规则蒙脱石-伊利石混层矿物。对 X 衍射谱线的研究表明, 9、10 号样品中还含有少量的绿泥石。为进行比较, 笔者引用了 G.Stadler (1971) 对超无烟煤分布区内粘土岩夹矸的 X 衍射曲线 (图 2 下部的 8 号曲线), 与之对照, 可以推测在 9、10

号样品中可能也含有少量的、由于变质作用形成的钠云母。



1.样号: 11, 煤阶: 高挥发份烟煤, 矿物: 高岭石、石英; 2.样号: 12, 煤阶: 中挥发份烟煤, 矿物: 高岭石、石英; 3.样号: 8, 煤阶: 半无烟煤, 矿物: 高岭石、蒙脱石-伊利石、石英、黄铁矿; 4.样号: 6, 煤阶: 无烟煤, 矿物: 高岭石、伊利石、蒙脱石-伊利石、石英; 5.样号: 7, 煤阶: 半无烟煤, 矿物: 高岭石、伊利石、蒙脱石-伊利石、石英; 6.样号: 9, 煤阶: 超无烟煤, 矿物: 伊利石、蒙脱石-伊利石、石英、绿泥石; 7.样号: 10, 煤阶: 无烟煤, 矿物: 伊利石、蒙脱石-伊利石、黄铁矿、绿泥石; 8. Trois-Bdncs 煤层煤阶: 超无烟煤, 矿物: 伊利石、钠云母、绿泥石 (据 G.Stadles, 1971)

图2 三类粘土岩夹矸的 X-衍射谱线图

$$\lambda_{\text{Cu}} = 1.541 \text{ \AA}$$

Fig.2 X-ray diffraction spectrum chart of three kinds of tonsteins

2.薄片的显微镜鉴定

研究区内伊利石夹矸的岩石结构类型和高岭石粘土岩夹矸基本一致, 仅未见到椭球状结构类型。现举例说明如下:

结晶型

6号样, 贵州省L矿区B₄煤层夹矸, 厚约50mm, 深灰色, 细粒状结构。矿物组成: 伊利石、高岭石; 少量的石英(约1%) (据X衍射分析)。

镜下鉴定: 由紧密排列的伊利石晶体及部分伊利石化的高岭石晶体组成。以具有明显薄层状结构和伊利石为主, 部分为柱状(长达1.5mm)和片状。伊利石化首先发生于晶体的条纹部分, 然后发展到整个薄片和整个晶体。由黑云母和长石转变成的伊利石(假像集合体)呈分散状分布。在正交偏光的高倍镜下, 可见典型的伊利石干涉色。副矿物主要为分散的石英晶屑, 也有极少的透长石和锆石晶粒。

9号样, 贵州省M矿区B₄煤层夹矸, 厚25mm深灰色, 细粒状结构。矿物组成: 伊利石、蒙脱石-伊利石(混合层)绿泥石; 石英含量约5% (据X-衍射分析)。

镜下鉴定: 以柱状、蠕虫状伊利石晶体及碎片为主, 见有具伊利石条纹的黑云母假象、腐植基质。

致密(隐晶)晶

样20, 云南省N矿区C₁₀煤层, 厚约40mm, 深灰色, 致密状。矿物组成: 伊利石为主, 少量高岭石; 石英<5% (据X衍射分析)。

镜下鉴定: 主要由具强双折射的伊利石基质组成。其中散布着一些具有典型伊利石干涉色的柱状和片状晶体。含少量长石转变成的高岭石和伊利石集合体以及由黑云母转变成的伊利石集合体。基质中, 见有具显微晶质-粒状结构的碎屑(<2 μ), 可能为经脱玻作用的火山玻屑。副矿物以分散状的石英晶屑为主, 含少量的透长石晶屑。见有几微米宽的玉髓条带。

根据较多的薄片镜下观察, 高岭石-伊利夹矸(过渡型)和伊利石夹矸中, 伊利石具有两种主要的形态:

- (1) 伊利石晶体: 柱状、片状、蠕虫状和碎屑状;
- (2) 伊利石集合体: 片状-细片状黑云母假象和显微晶质-粒状长石假象。

此外, 尚见有上述形态的高岭石-伊利石共生体。

总之, 本区所见的伊利石形态类型与许莱尔(Schuller, 1956)对萨尔(Saar)石炭系高岭石粘土岩夹矸提出的分类系统基本一致, 也与本区的高岭石粘土岩夹矸中高岭石形态类型完全相符, 表明了伊利石为高岭石经后生的成岩作用演变形成。

基质 主要是腐植质和有机质浸染的伊利石基质, 镜下(薄片)呈棕色至红色。有趣的是, 分布于无烟煤和超无烟煤区的伊利石粘土岩夹矸和过渡型夹矸(6、20、22号样)的基质显示出某些次生结构: 在6、22号样中出现次生平行层状节理; 在20号样中见到次生镶嵌状节理。上述次生结构在烟煤分布区发育的高岭石粘土岩夹矸中从未见到。这与Stadler(1971)报道的在西德无烟煤区Nordsee A_i的Hagen I夹矸中所见的次生结构非常相似, 估计应是后生的构造应力作用的产物。

副矿物 以石英晶屑为主, 含少量黑云母-绿泥石、锆石, 分散状的透长石、 β -石英晶粒, 个别周边伊利石化的长石晶屑。部分层位中含极细的(5 μ 左右)莓状、球状黄铁矿

集合体。副矿物的含量和组合面貌与本区高岭石粘土岩夹矸基本一致。

三、化学组成和微量元素

从高岭石粘土岩夹矸向伊利石粘土岩夹矸转变, 化学组成总的变化趋势是 $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比略有增高, 总碱量(Na,K,Rb)增加, 结构水减少。TiO₂ 含量无明显变化(表 1)。

表 1 三类夹矸的化学组成和某些微量元素含量

Table 1 Chemical composition of the kaolinite, transitions and illite coal tonsteins and Contents of some microelements

夹矸 大类	高岭石粘土岩夹矸							过渡型(高岭石-伊利石) 粘土岩夹矸				伊利石粘土岩夹矸		
	1	14	11	5	4	25	27	20	22	28	8	6	7	9
SiO ₂	41.38	41.44	38.68	44.07	43.98	42.79	41.19	50.01	46.93	43.60	44.42	43.85	45.27	46.65
TiO ₂	0.66	0.18	0.67	1.25	0.33	1.32	1.17	0.29	0.95	1.24	0.12	0.24	0.69	0.43
Al ₂ O ₃	33.19	32.84	32.34	35.63	39.00	35.41	34.46	32.87	31.84	33.41	35.73	35.82	35.19	33.35
MnO	—	0.016	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	0.78	0.40	0.148	0.426	0.971	0.283	0.227	0.327	1.51	0.674	0.296	0.410	0.537	0.76
CaO	0.29	0.135	0.059	0.171	0.581	0.349	0.251	0.034	0.837	0.294	0.140	0.265	0.235	0.559
SrO	0.032	0.008	0.007	0.017	0.025	0.016	0.016	0.009	0.035	0.078	0.016	0.017	0.008	0.043
BaO	0.024	—	0.007	0.094	—	0.008	0.008	0.009	0.060	0.232	0.025	0.067	0.050	0.086
Na ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	0.043	—	—	0.216	—	2.05
K ₂ O	0.681	0.032	0.081	0.426	0.324	0.609	0.324	0.688	3.610	5.150	0.420	1.600	0.872	1.51
Rb ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	0.009	0.009	0.017	—	0.008	0.009	0.009
P ₂ O ₅	0.048	0.024	0.104	0.060	—	—	—	—	—	—	0.016	—	0.008	—
SO ₃ (%)	0.111	4.92	0.95	0.026	0.083	0.171	1.5	0.138	0.311	0.207	0.321	0.150	0.084	0.275
Pb	39	50	63	68	97	36	108	37	50	31	41	30	73	41
Zn	—	—	—	271	—	—	59	—	—	—	—	—	9	—
Cd	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu	6	31	3	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Ni	26	62	24	71	22	27	35	52	30	24	12	28	40	17
IL(%) (ppm)	20.76	20.32	26.00	14.70	17.00	18.74	19.00	14.03	13.68	13.57	17.68	16.41	16.14	14.03
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ mol	2.12	2.14	2.03	2.10	1.91	2.05	2.03	2.58	2.50	2.22	2.11	2.08	2.18	2.38

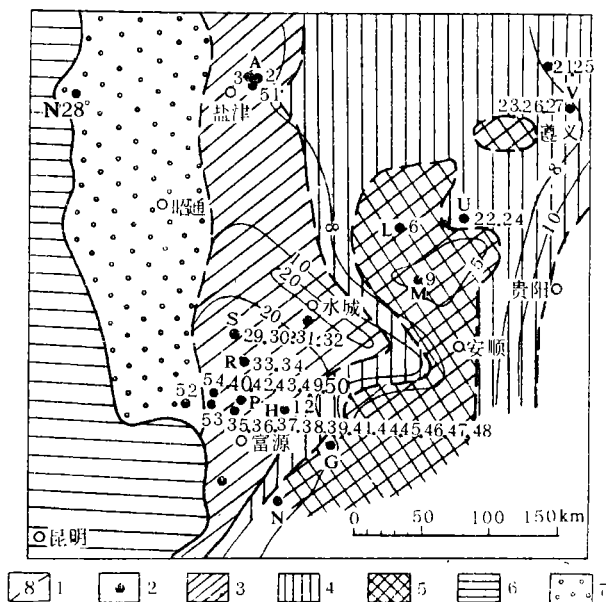
分析者: 西德北威州地质局 Dr. H. Pietzner

对少数微量元素的测定表明, 从高岭石粘土岩夹矸向伊利石粘土岩夹矸转变时未发生明显的规律性变化, 并与以往的研究结果相似, 即在总体上与配性岩浆岩的克拉克值接近, 这在一定程度上反映了原始物质的性质(表 1)。

四、粘土岩夹矸大类的空间分布规律

将经过 X 衍射分析和镜下鉴定确定的粘土岩夹矸大类(即高岭石粘土岩夹矸、高岭石-

伊利石粘土岩夹矸和伊利石粘土岩夹矸) 置于采样点位置上, 并配以精煤挥发份等值线 (V^r , %), 可以清楚扯出各大类的空间分布着各种岩石结构类型的高岭石粘土岩夹矸, 展布方向与 V^r 等值线走向大体一致; 伊利石粘土岩夹矸分布于研究区中部, 与 $V^r < 8\%$ 的地区近于重合, 呈南北向展布; 高岭石-伊利石粘土岩夹矸 (过渡型) 则处于两区之间 (图3)。



1.精煤可燃基挥发份等值线 (V^r , %); 2.采样点位置及编号; 3.高岭石粘土岩夹矸分布区; 4.过渡型粘土岩夹矸分布区; 5.伊利石粘土岩夹矸分布区; 6.古陆剥蚀区; 7.粗碎屑沉积区 (不含煤)

图3 三类夹矸的区域分布示意图

Fig.3 Map of the study area showing the distributon of the Kaolinite, Transitions and Illite coal tonsteins

显然, 上述粘土岩夹矸大类的分布规律不是偶然的。可以预见随着采样点的加密和研究的深入, 将会对给出的分布图以某些补充和修正, 但却不致改变这种分布形态的总的格局以及这种格局所表征的粘土岩夹矸大类在侧向上演变的基本趋势。

五、结 语

大量证据表明研究区内各类粘土岩夹矸均由同沉积火山凝灰蚀变形成, 原始物质以火山玻屑和晶屑为主。特征的副矿物组合和 TiO_2 / Al_2O_3 值表明原始物质为酸性火山灰。同层夹矸的 TiO_2 / Al_2O_3 值在数千平方公里范围异常的稳定性、完美的高温矿物 (β 石英、锆石、独居石等) 自形晶及形态学特征、部分夹矸中蝌蚪形和纺锤形火山玻璃气泡及其气泡壁残余的确认, 都为粘土岩夹矸的火山灰蚀变成因提供了直接的、重要的证据。

当火山灰降落于泥炭沼泽内, 在沉积期和埋藏初期经受弱酸性介质的侵蚀改造, 组成火山灰的玻质部分和黑云母、长石等铝硅酸性矿物晶屑几乎全部蚀变为高岭石, 形成了薄而稳定的高岭石粘土岩夹层。而在此条件下仍稳定的石英、锆石、透长石等, 则作为副矿物保存下来。但是, 随着后生成岩作用的增强, 粘土岩夹矸的粘土矿物成分受到改造。图 3 揭示的这种后期改造的变化趋势是: 当 V^r 在 10—12% 以上, 夹矸的粘土矿物以高岭石占绝大部分; V^r 在 8—10% 时, 部分高岭石转变成伊利石, 且出现伊早石的高岭石假象 (过渡型夹矸); $V^r < 8\%$ 时, 夹矸的粘土矿物几乎全部转变为伊利石, 并伴随着程度不同的绿泥石化和可能出现少量的钠云母。值得注意的是, 同层夹矸在发生上述粘土矿物成分转变时, 夹矸的岩石结构未发生明显变化, 甚至其中的矿物颗粒、碎屑形态特仍保持稳定, 可相互对比。从夹矸大类的区域分布规律推断, 这种粘土矿物成分的变化是一个连续的、渐进的地质作用过程。这里, 除了必要的压力、温度条件外, 溶液中一定数量的碱金属离子和亚铁离子的存在无疑是必不可少的。

部分标本由云南省地质研究所高级工程师戴恒忠提供; 西德北威州地质局的 Dr.G.stadler, Dr.H.Pletzner 和维尔兹堡 (Würzburg) 大学的 Prof.Dr.A.Prashnowsky 对一些样品进行了 X-衍射分析、X-衍射线色谱 (röntgenspektroskopie) 和光谱、生物化学分析; 上海华东师大任友谅副教授审阅了全文并译成英文。笔者深表谢意。

收稿日期 1988 年 5 月 28 日

参 考 文 献

- (1) 杨光荣等, 1986, 四川南部上二叠统划分与含煤性, 重庆出版社。
- (2) Bouroz, A. and Spears, D. A., 1985, C. R., X. ICC, Congr. Intern. Strat. Geol. Carbonif. No.4, p.183-187.
- (3) Burger, K., 1985, C. R., X. ICC, Congr. Intern. Strat. Geol. Carbonif, No.1, p.155-174.
- (4) Feng, B., 1987, XI. ICC, Abstract of papers, No.1, p.221.
- (5) Francies, E.H., 1985, C.R., X. ICC, Congr. Intern. Strat. Geol. Carbonif. No.4, p.189-195.
- (6) Spears, D.A. and Kanaris-Sotiriou, R., 1979, Sedimentology, No.26, p.407-425.
- (7) Zaritsky, P.V., 1983, Geol. Journ. Kiev, p.59-66.
- (8) Zhou, Y., Ren, Y. and Bohor, B.F., 1982, Intern. Journ, Coal Geol. No.2, p.49-77.
- (9) Zhou, Y., Burger, K. and Tang, D., 1988, Yunnan Geol., V.7, No.3, p.213-228.

SYNSEDIMENTARY VOLCANIC ASH-DERIVED ILLITE TONSTEINS IN LATE PERMIAN COAL-BEARING DEPOSITS OF SOUTHWESTERN CHINA

Zhou Yiping Tang Dazhong

(Kunming Institute of Coal Sciences)

K · Burger

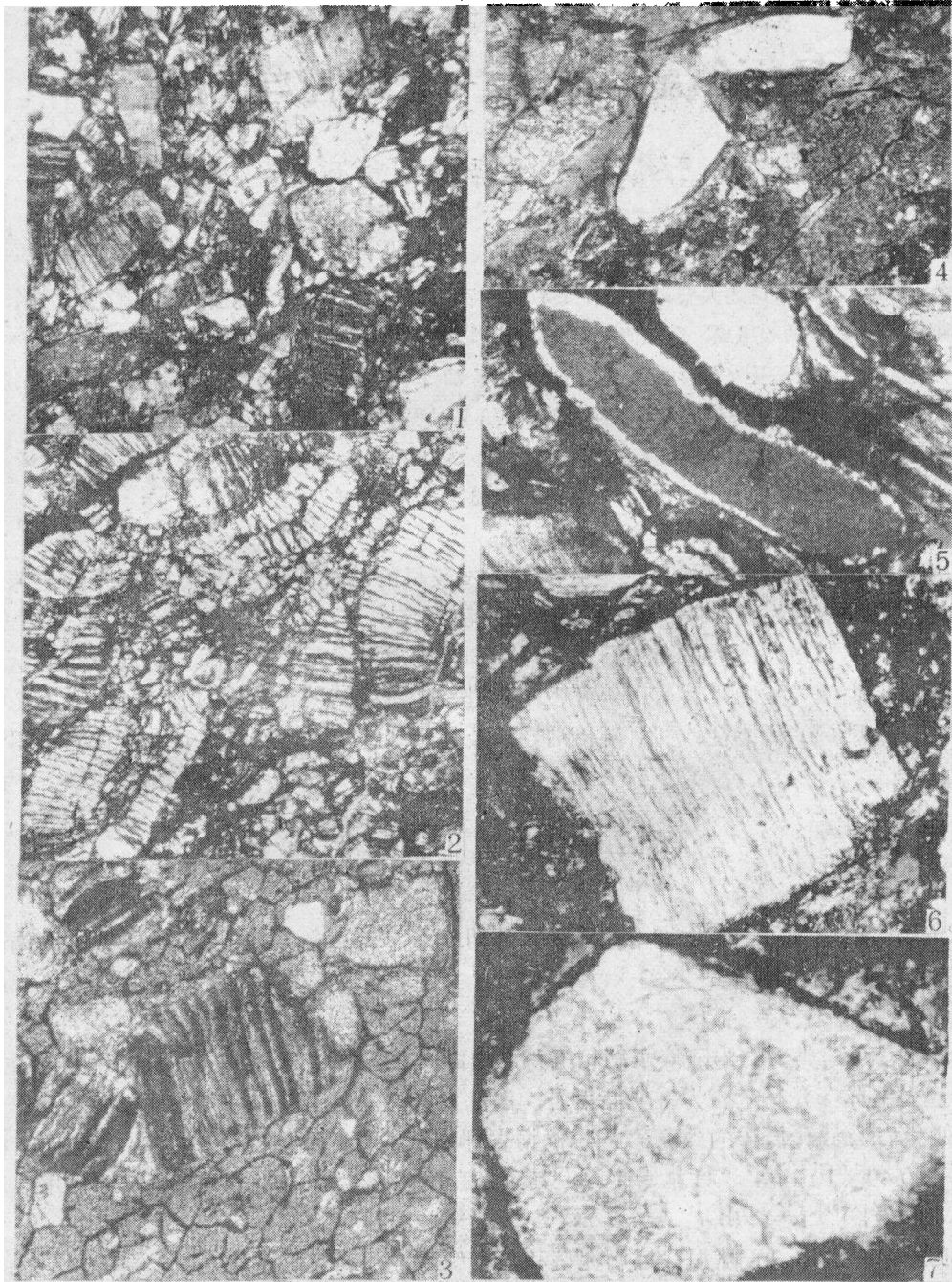
(Bergbau AG Lippe, Ruhrkohle AG)

Abstract

Illite claystones (tonsteins) of Late Permian coal-bearing formation are well developed and extensively distributed in Southwestern China. Over the past decades it has been recognized that they are synsedimentary volcanic ash-falls in origin (altered tuff beds), based on the data derived from the comprehensive investigations on their stratigraphic and geographic distribution, petrographic types, chemical composition, accessory mineral assemblage, as well as on their morphological characteristics.

Recently, mineralogical and petrological identifications and x-ray diffraction analyses on these peculiar tonsteins further suggest that they can be classified mainly into three categories based on their clay mineral constitutions: kaolinitic, kaolinitic-illitic (transitional type), and illitic. As coal-partings in most cases, these different types of tonsteins show a distinct zonal distribution on a regional scale. Their mineral constitutions are profoundly modified by the combined effects of many factors during deutero-genic diagenesis, as indicated by the variation in volatile component percentage (V^f) of the adjacent coal seams (V^f is calculated on a combustible component basis). Those tonsteins intercalated in coal with a V^f ranging from 10% to 12% are dominated by kaolinite. But they contain increasing amount of illite at the expense of kaolinite when V^f of coal decreases from 10% to 8%. When V^f declines to less than 8% the clay minerals in these tonsteins are almost entirely illite with some sort of accompanying chloritization.

It is clear that, from a regional point of view, the variation in clay mineral constitution of these tonsteins is in response to the continual and progressive change in geological processes, during which the temperature and pressure were the dominant conditions, and the existence of a certain amount of alkali metal ions and ferrous ions in the solution is also one of the controlling factors.



1. 晶质伊利石夹矽, 伊利石晶体及黑云母、长石假像, 分散的石英、长石晶屑, 样 6, 长 1.93mm, 正交偏光 2. 晶质伊利石夹矽, 伊利石柱晶, 样 9, 长 0.8mm, 3/4 偏光 3. 致密伊利石夹矽, 含黑云母、长石假像, 分散的石英、透长石晶屑, 显次生镶嵌状节理, 样 20, 长 1.90mm, 1/4 偏光 4. 两粒透长石晶屑, 样 20, 1/4 偏光 5. 边缘开始伊利石经的长石晶屑, 样 7, 长.69mm, 正交偏光 6. 伊利石化的黑云母假像, 样 6, 长 0.67mm, 正交偏光 7. 伊利石化的长石假像, 具显微晶质结构, 样 20, 长 0.19mm, 正交偏光